

**PART A / BAHAGIAN A**

- (1). (a). The Cu–Ni alloy system is an ideal solid solution system in which entire solubility is observed, while the Cu–Ag system is a typical eutectic system in which limited solubility of Cu into Ag and vice versa is observed. Briefly discuss which Hume-Rothery alloying rules best accounts for this difference?

*Sistem aloi Cu–Ni ialah larutan pepejal ideal yang mana keseluruhan kelarutan diperhatikan manakala sistem aloi Cu–Ag ialah sistem eutektik tipikal yang mana keterlarutan Cu terhad ke dalam Ag dan sebaliknya. Bincangkan secara ringkas peraturan Pengalioan Hume Rothery yang terbaik menjelaskan perbezaan ini?*

(8 marks/markah)

- (b). Aluminium pure alloy was alloyed with cerium. The microstructures of the alloy formed consist of  $\alpha$ -Al and  $Al_4Ce$  phase. Discuss the strengthening mechanism involved in the formation of alloy.

*Aloi tulen aluminium dialoikan dengan serium. Mikrostruktur aloi yang terbentuk terdiri daripada fasa-fasa  $\alpha$ -Al and  $Al_4Ce$ . Bincangkan mekanisma penguatan yang terlibat dalam pembentukan aloi.*

(12 marks/markah)

- (2). (a). Draw the binary phase diagram for the following cases :  
*Lukiskan gambarajah fasa binari untuk kes-kes berikut :*
- (i). Completely soluble system  
*Sistem larut sepenuhnya*
  - (ii). Partial solubility with one eutectic point  
*Keterlarutan terhad dengan satu titik eutektik*

...3/-

- (iii). Partial solubility with two eutectic and one congruent compound

*Keterlarutan terhad dengan dua eutektik dan satu sebatian kongruen*

- (iv). No solubility with one eutectic point

*Tiada keterlarutan dengan 1 titik eutektik*

(8 marks/markah)

- (b). The binary phase diagram of Fe-C is given in Figure 1 (a) whereas (b) gives the TTT diagram for eutectoid steel. Discuss the following:

*Gambarajah fasa binari Fe-C diberikan di dalam rajah 1 (a) manakala (b) memberikan gambarajah TTT untuk keluli eutektoid.*

*Bincangkan yang berikut :*

- (i). Explain the information given by each of the figures?

*Terangkan maklumat yang diberikan oleh setiap satu gambarajah tersebut?*

(2 marks/markah)

- (ii). To start a heat treatment process for 1045, 1065 and 1090 steels, you want to decide on the suitable austenization temperature for each of the samples. Select which diagram to be used and elaborate why.

*Untuk memulakan satu proses rawatan haba untuk keluli 1045, 1065 dan 1090, anda mahu menentukan suhu pembentukan austenite untuk setiap sampel tersebut. Pilih gambarajah mana yang anda akan gunakan dan terangkan mengapa.*

(3 marks/markah)

...4/-

- (iii). You have to decide on the cooling rate to get the microstructure that you intended. Which diagram would you choose, binary phase diagram or the TTT. Explain why?

*Anda perlu menentukan kadar penyejukan untuk mendapatkan mikrostruktur seperti yang anda mahukan. Gambarajah manakah yang akan anda pilih, gambarajah fasa binari atau TTT. Terangkan mengapa?*

(3 marks/markah)

- (iv). Comparing between the two diagrams, you will notice that bainite and martensite only appear in the TTT diagram, but they do not appear in the phase diagram. Explain why.

*Membandingkan antara kedua-dua gambarajah, anda akan melihat bahawa bainite dan martensite hanya muncul di dalam gambarajah TTT tetapi tidak muncul di dalam gambarajah fasa. Terangkan mengapa.*

(2 marks/markah)

- (v). From the TTT diagram, explain how you want to produce a steel with martensite and bainite structure.

*Daripada gambarajah TTT, terangkan bagaimana anda mahu menghasilkan keluli dengan struktur martensite dan bainite.*

(2 marks/markah)

...5/-

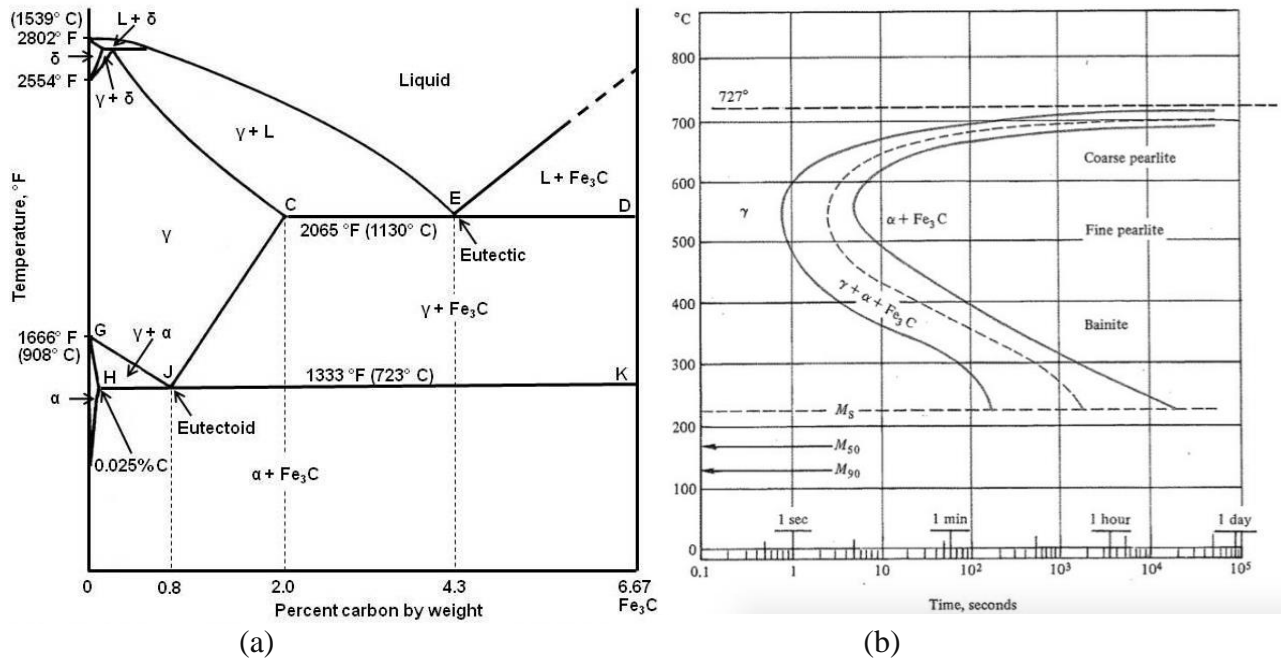


Figure 1 / *Rajah 1*: (a) Binary phase diagram of Fe-C / *gambarajah fasa binary Fe-C* and (b) TTT diagram of eutectoid steel / *gambarajah TTT keluli eutektoid*

- (3). (a). Discuss the relevance of alloy with high specific strength to various industries by referring to two types of alloy systems (other than aluminium). State general properties and limitation of the alloys.

*Bincangkan kepentingan aloi dengan kekuatan spesifik terhadap pbagai industri dengan merujuk dua jenis sistem aloi (selain daripada aluminium). Nyatakan sifat umum dan kekangan setiap aloi ini.*

(10 marks/markah)

- (b). Explain the difference between ferrite, martensite and austenite stainless steel. Discuss method to obtain one grade of stainless steel that has hybrid properties of ferritic and austenitic stainless steels.

...6/-

*Terangkan perbezaan antara keluli nirkarat ferit, martensit dan austenite. Bincangkan kaedah untuk mendapatkan satu gred keluli nirkarat yang mempunyai gabungan sifat-sifat keluli nirkarat ferit dan austenite.*

*(10 marks/markah)*

**...7/-**

**PART B / BAHAGIAN B**

- (4). (a). The liquid copper is undercooled until homogeneous nucleation occurs. If the number of copper atoms in nucleus are 1000 atoms, calculate:

*Cecair kuprum didingin kurang sehingga penghomogenan nucleus berlaku. Jika nombor atom di dalam nucleus ialah 1000 atoms, kira:*

- (i). The volume of nucleus atom and  
*Isipadu nukleus atom*

(4 marks/markah)

- (ii). The critical radius of the nucleus required  
*Jejari kritikal nukleus yang diperlukan*

(4 marks/markah)

Assume that the lattice parameter of the solid FCC copper is 0.3615 nm.  
*Anggapkan parameter kekisi pepejal FCC kuprum ialah 0.3615 nm.*

- (b). Briefly discuss why cross slip in BCC and FCC metals is easier than that in HCP metals? How does this influence the ductility of BCC, FCC, and HCP metals?

*Bincangkan secara ringkas mengapa gelincir silang dalam logam-logam BCC and FCC lebih mudah daripada dalam logam-logam HCP? Bagaimanakah ianya mempengaruhi kemuluran BCC, FCC dan logam-logam HCP?*

(4 marks/markah)

...8/-

- (c). A piece of aluminium is deformed at room temperature to plastic strain of more than 50%. During annealing, it undergoes complete recrystallization in about an hour. Draw a microstructure of aluminium as a function of time (15, 30, 45, 60 and 75 minutes). Plot the graph of Al hardness versus time.

*Sekeping aluminium mengalami ubah bentuk daripada suhu bilik kepada terikan plastik pada lebih daripada 50%. Semasa penyepuhlindapan, ia mengalami penghabluran semula sepenuhnya dalam masa sejam. Lukiskan mikrostruktur aluminium dalam fungsi masa (15, 30, 45, 60 dan 75 minit). Plotkan graf kekerasan Al lawan masa.*

(8 marks/markah)

- (5). (a). From the phase diagram given in Figure 2 of Ti-Ni, answer the following :

*Daripada gambarajah fasa Ti-Ni yang diberikan dalam Rajah 2, jawab yang berikut :*

- (i). List at least 2 reactions that are present.

*Senaraikan sekurang-kurangnya 2 tindakbalas yang dipaparkan.*

- (ii). Identify the composition and temperature of the 2 reactions that you listed

*Kenalpasti komposisi dan suhu bagi kedua-dua tindakbalas yang disenaraikan.*

...9/-

- 9 -

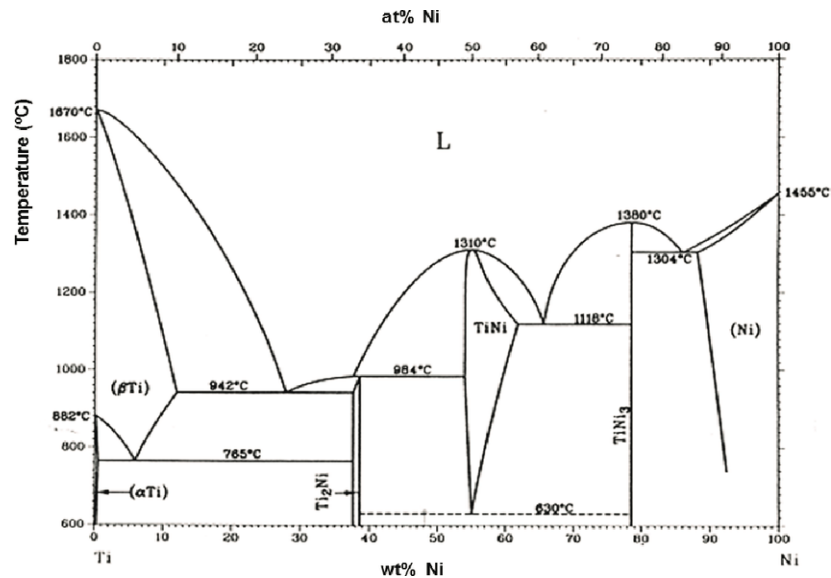


Figure 2 / *Rajah 2*: Binary phase diagram of Ti-Ni / *Gambarajah fasa binary Ti-Ni*

(5 marks/markah)

- (b). Figure 3 illustrates some heat treatment route done on AISI 4140 steel to study the effect of heat treatment to the mechanical and corrosion behavior of the steel. Explain each of the process; austenising, annealing, quenching and tempering, and quenching. Your explanation should include the process, what happens during the process, and expected microstructure at the end of the heat treatment.

*Rajah 3 memaparkan beberapa laluan rawatan haba yang dilakukan terhadap keluli AISI 4140 untuk mengkaji kesan rawatan haba kepada kelakuan kakisan dan mekanikal keluli tersebut. Terangkan setiap satu process tersebut: pengaustenitan, penyepuhlindungan, pelindapkejutan dan pembajaan, dan pelindapkejutan. Penerangan anda perlu meliputi proses, apakah yang terjadi sewaktu proses, dan mikrostruktur yang dijangkakan pada akhir rawatan haba tersebut.*

(8 marks/markah)

...10/-



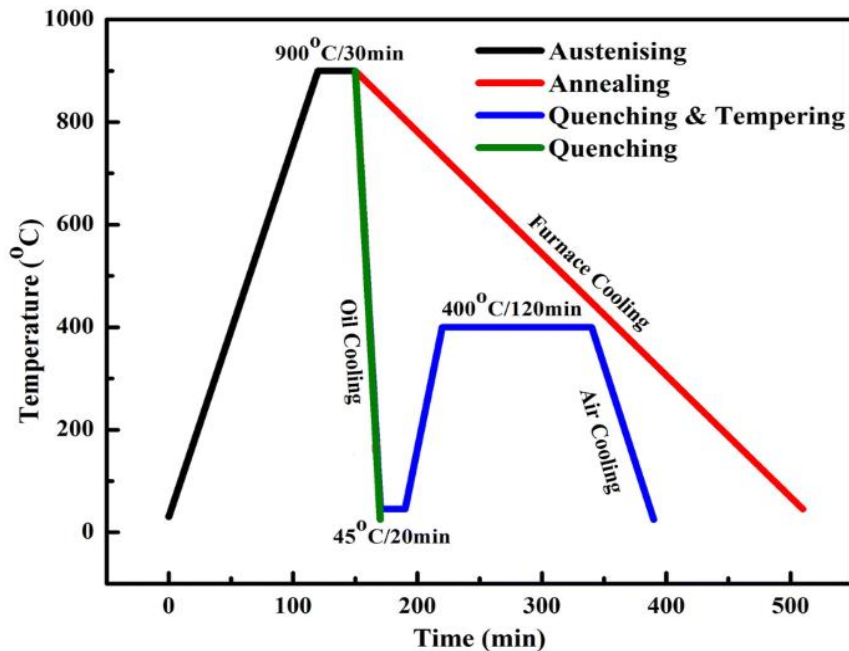


Figure 3 / *Rajah 3* : Some heat treatment route for AISI 4140 Steel / *Beberapa laluan rawatan haba untuk keluli AISI 4140*

- (c). This is an example of how phase diagram is used in development of alloys. Based on the statement, discuss and relate between phase diagram and microstructure developed in the alloys, and thus, the properties that we can improved.

*Ini merupakan satu contoh bagaimana gambarajah fasa digunakan untuk membangunkan bahan aloi. Berdasarkan pernyataan tersebut, bincang dan hubungkan antara gambarajah fasa dengan mikrostruktur yang terbentuk di dalam aloi, dan seterusnya sifat-sifat yang boleh kita perbaiki.*

Aluminum is known to impart good high-temperature oxidation resistance to iron. The literature on phase diagrams of the Al-Fe-Mn system was reviewed, which suggested that a range of compositions exists where the alloy would be austenitic at room

...11/-

temperature. A nonmagnetic alloy with austenitic structure containing 44% Fe, 45% Mn, and 11% Al was prepared. However, it proved to be very brittle, presumably because of the precipitation of a phase based on  $\beta$ -manganese. By examining the phase diagram for C-Fe-Mn, as well as the diagram for Al-C-Fe, the researcher determined that the problem could be solved through the addition of carbon to the Al-Fe-Mn system, which would move the composition away from the  $\beta$ -manganese phase field. The carbon addition also would further stabilize the austenite phase, permitting reduced manganese content. With this information, the composition of the alloy was modified to 7 - 10% Al, 30 - 35% Mn, and 0.75 - 1% C, with the balance iron. It had good mechanical properties, oxidation resistance, and moderate stainlessness.

*Aluminum diketahui boleh memberikan sifat ketahanan pengoksidaan suhu tinggi yang baik kepada besi. Kajian terdahulu mengenai gambarajah fasa sistem Al-Fe-Mn telah disemak yang mencadangkan bahawa terdapat beberapa komposisi aloi yang mana akan berstruktur austenitik pada suhu bilik. Satu aloi tidak magnetik dengan struktur austenitik mengandungi 44% Fe, 45% Mn, dan 11% Al telah disediakan. Walaubagaimanapun, aloi ini didapati sangat rapuh, kemungkinannya disebabkan oleh mendakan satu fasa yang berasaskan  $\beta$ -mangan. Dengan memeriksa gambarajah fasa untuk C-Fe-Mn, dan juga gambarajah fasa Al-C-Fe, para penyelidik telah menentukan bahawa masalah tersebut boleh diselesaikan dengan menambahkan karbon ke dalam sistem Al-Fe-Mn, yang mana ini akan menyebabkan komposisinya bergerak jauh daripada ruang fasa  $\beta$ -mangan. Penambahan karbon ini juga akan menstabilkan fasa austenite, membolehkan pengurangan kandungan mangan. Dengan maklumat ini, komposisi aloi telah diperbaiki kepada 7 - 10% Al, 30*

...12/-

- 35% Mn, dan 0.75 - 1% C, dengan bakinya adalah besi. Aloi ini mempunyai sifat-sifat mekanikal yang baik, ketahanan pengoksidaan, dan ketahanan karat yang sederhana.

(7 marks/markah)

- (6). (a). Phase diagram of copper-beryllium alloys is shown in Figure 4. Copper-rich copper-beryllium alloy are precipitation hardenable. By consulting the phase diagram, do the following:

*Gambarajah fasa bagi aloi kuprum-berilium ditunjukkan seperti dalam Rajah 4. Aloi kuprum-berilium kaya kuprum boleh diperkuat mendapan. Dengan merujuk gambarajah fasa ini, lakukan berikut:*

- (i). Propose the range of compositions over which these alloys may be precipitation hardened

*Cadangkan julat komposisi yang membolehkan aloi ini di diperkuat mendapan*

(4 marks/markah)

- (ii). Suggest the heat-treatment procedures (by citing suitable temperatures) that would be used to precipitation harden an alloy having a composition of your choosing, yet lying within the range given for part (a)

*Cadangkan prosedur rawatan haba (dengan menyebut suhu-suhu yang sesuai) yang boleh digunakan untuk memkuat mendapan suatu aloi dengan komposisi pilihan anda, tetapi masih berada dalam julat yang diberikan oleh bahagian (a)*

...13/-

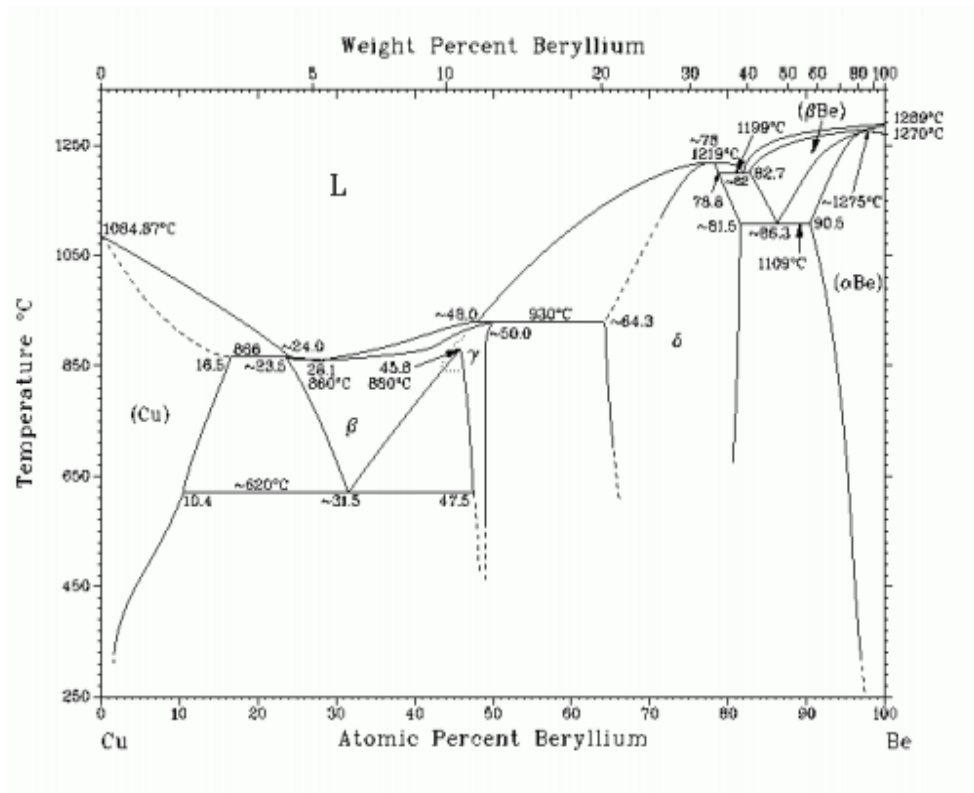


Figure 4: Copper-beryllium phase diagram/Rajah 4: fasa kuprum-berilium

(8 marks/markah)

- (b). Describe gray cast iron and its general properties. Explain how does cooling rate during casting process would influences properties of gray cast iron. Suggest treatment/method to improve properties of gray cast iron.

*Perihalkan keluli tuang kelabu dan sifat umumnya. Jelaskan bagaimana kadar penyejukan semasa proses penuangan boleh mempengaruhi sifat-sifat keluli tuang kelabu. Cadangkan kaedah/rawatan untuk memperbaiki sifat-sifat keluli tuang kelabu.*

(8 marks/markah)